

DOCKET NO.: 9847-06 11-6X PCT  
ENKEL: 8303

9/508683  
416 Rec'd PCT/PTO 28 MAR 2000

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Li MING, et al.  
SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION  
FILED: HEREWITH  
INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/SE98/01749  
INTERNATIONAL FILING DATE: 29 SEPTEMBER 1998  
FOR: POWER TRANSFORMER/REACTOR AND A METHOD OF ADAPTING A HIGH  
VOLTAGE CABLE

**REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119  
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:


In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

| <u>COUNTRY</u> | <u>APPLICATION NO</u> | <u>DAY/MONTH/YEAR</u> |
|----------------|-----------------------|-----------------------|
| SWEDEN         | 9703563-8             | 30 SEPTEMBER 1997     |

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the International Bureau in PCT Application No. **PCT/SE98/01749**.

Respectfully submitted,  
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

WILLIAM E. BEAUMONT  
REGISTRATION NUMBER 30,996

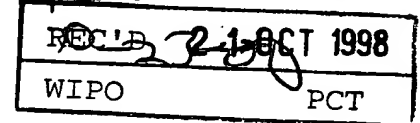
  
Gregory J. Maier  
Attorney of Record  
Registration No. 25,599  
Bradley D. Lytle  
Registration No. 40,073

Crystal Square Five  
Fourth Floor  
1755 Jefferson Davis Highway  
Arlington, Virginia 22202  
(703) 413-3000

ALL INFORMATION CONTAINED  
HEREIN IS UNCLASSIFIED

THIS PAGE BLANK (USPTO)

RECEIVED  
2008 APR 11 11 01 AM

**PRV**PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET  
Patentavdelningen**Intyg  
Certificate**

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

*This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.*

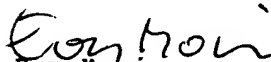
(71) Sökande                      Asea Brown Boveri AB, Västerås SE  
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer    9703563-8  
Patent application number

(86) Ingivningsdatum                      1997-09-30  
Date of filing

Stockholm, 1998-10-15

För Patent- och registreringsverket  
For the Patent- and Registration Office

  
Evy Morin

Avgift  
Fee

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

# KRAFTTRANSFORMATOR/REAKTOR SAMT FÖRFARANDE FÖR ANPASSNING AV HÖGSPÄNNINGSKABEL

## Uppfinningens område

5           Föreliggande uppfinning hänför sig i en första aspekt till en krafttransformator/reaktor.

I en andra aspekt av föreliggande uppfinning hänför den sig till ett förfarande för att anpassa en högspänningskabel för lindningar i en krafttransformator/reaktor.

10           Vid all överföring och distribution av elektrisk energi ingår transformatorer och deras uppgift är att medge utbyte av elektrisk energi mellan två eller flera elsystem med vanligtvis olika spänningsnivåer. Transformatorer finns tillgängliga i alla effektområden från VA till 1000 MVA-  
15           området. När det gäller spänningsområdet finns ett spektrum upp till de högsta överföringsspänningar som används i dag. För energiöverföringen mellan elsystemen utnyttjas elektromagnetisk induktion.

20           Vid överföring av elektrisk energi ingår även reaktorer som en väsentlig komponent, t.ex. vid faskompensering och filtrering.

25           Den transformator/reaktor som föreliggande uppfinning avser tillhör de så kallade krafttransformatorerna/reaktorerna med märkeffekt från något hundratal kVA till över 1000 MVA med märkspänning från 3-4 kV och upp till mycket höga överföringsspänningar.

## Uppfinningens bakgrund

30           Rent generellt gäller att en krafttransformators främsta uppgift är att medge utbyte av elektrisk energi mellan två eller flera elsystem av oftast skilda spänningar med samma frekvens.

35           En konventionell krafttransformator/reaktor innefattar en transformator kärna, nedan kallad kärna, av laminerad företrädesvis orienterad plåt, vanligtvis av kiseljärn. Kärnan består av ett antal kärnben förbundna med ok. Runt kärnbenen finns ett antal lindningar som i regel benämns

som primär-, sekundär- och reglerlindning. När det gäller krafttransformatorer är dessa lindningar praktiskt taget alltid koncentriskt anordnade och distribuerade utefter kärnbenens längd.

- 5 Ibland förekommer även andra typer av kärnkonstruktioner som t.ex. de som ingår i så kallade manteltransformatorer eller i ringkärnetransformatorer. Exempel på kärnkonstruktioner beskrivs bl.a. i DE 40414. Kärnan kan bestå av konventionella magnetiserbara material som den nämnda  
10 orienterade plåten, av andra magnetiserbara material som ferriter, amorft material, metalltrådar eller -band. När det gäller reaktorer kan som bekant den magnetiserbara kärnan utgå.

- De ovan nämnda lindningarna bildas av en eller flera  
15 seriekopplade spolar uppbyggda av ett antal seriekopplade varv. Varven i en enskild spole är normalt sammanförda till en geometrisk sammanhängande enhet, fysiskt avgränsad från de övriga spolarna.

- Isolationssystemet dels inom en spole/lindning och  
20 dels mellan spolar/lindningar och övriga metall detaljer är normalt utformat som en fast cellulosa- eller lackbaserad isolation närmast det enskilda ledarelementet samt där utanför av fast cellulosa och flytande, eventuellt också gasformig, isolation. Lindningar med isolation och eventu-  
25 ella stagningsdelar representerar på detta sätt stora volymer som kommer att utsättas för höga elektriska fältstyrkor som uppträder i och kring de aktiva elektromagnetiska delarna hos transformatorn. För att kunna förutbestämma de dielektriska påkänningarna som uppstår och uppnå en dimen-  
30 sionering med minimal risk för elektriskt genomslag, krävs god kännedom om isolationsmaterialens egenskaper. Det är också viktigt att åstadkomma en sådan omgivande miljö att den inte förändrar eller nedsätter isolationsegenskaperna.

- Det i dag förhärskande yttre isolationssystemet för  
35 högspända konventionella krafttransformatorer/reaktorer består av cellulosa material som den fasta isolationen och transformatorolja som den flytande isolationen. Transformatoroljan är baserad på så kallad mineralolja.

Konventionella isolationssystem kräver förutom en relativt komplicerad uppbyggnad även speciella tillverkningsåtgärder för att utnyttja isolationssystemets goda isolationssegenskaper. Systemet skall ha låg fukthalt, den fasta fasen i isolationssystemet skall vara väl impregnerat med den omgivande vätskan, risken för kvarvarande gasfickor i den fasta fasen måste vara minimal. Under tillverkningen genomförs därför en speciell torkprocess på komplett kärna med lindningar innan nedsättning i låda. Efter nedsättning och förslutning av lådan töms lådan på all luft i en speciell vakuumbehandling innan påfyllning av olja. En sådan process utgör en väsentlig del av den totala tillverkningstiden samtidigt som den kräver omfattande verkstadsresurser.

Då processen kräver total urpumpning av gas till i det närmaste absolut vakuum, måste lådan eller den tank som omger transformatorn konstrueras för fullt vakuum, vilket innebär extra åtgång av material och tillverkningstid.

Vidare kräver montage i fält i sin tur förnyad vakuumbehandling, en process som måste upprepas var gång transformatorn har öppnats för någon åtgärd eller inspektion.

#### Redogörelse för uppfinningen

Krafttransformatorn/reaktor enligt föreliggande uppfinning innefattar minst en lindning, oftast anordnad(e) runt en magnetiserbar kärna med varierande geometri. För att förenkla den följande redogörelsen talas det nedan företrädesvis om "lindningarna". Lindningarna är uppbyggda av en högspänningskabel med fast isolation. Kabeln består åtminstone av en centralt belägen elektrisk ledare, ett omgivande ledaren anordnat första halvledande skikt, ett omgivande det första halvledande skiktet anordnat fast första isolationsskikt och ett omgivande isolationsskiktet anordnat andra yttre halvledande skikt.

Det andra halvledande skiktet är direkt jordat vid  $n$  punkter hos varje lindning, där  $n$  är ett heltal och  $n \geq 2$ , och varvid två av nämnda  $n$  direktjordade punkter är anordnade vid eller i närheten av de båda ändarna hos varje

lindning. Den elektriska kontakten är bruten  $2(n-1)$  st gånger i det andra halvledande skiktet. Vid nämnda vartdera brott i det andra halvledande skiktet finns anordnat ett organ innefattande ett andra isolationsskikt och ett tredje halvledande skikt för att minska förstärkningen av elektrisk fältstyrka vid nämnda brott. De andra halvledande skikten hos olika faser vid nämnda vartdera brott är korskopplingsjordade. Dessutom är minst en punkt mellan de båda ändarna indirekt jordad.

10           Förfarandet för att anpassa en högspänningskabel för lindningar i en krafttransformator/reaktor enligt föreliggande uppfinning innefattar stegen:

- att direkt jorda det andra halvledande skiktet vid  $n$  punkter hos varje lindning, där  $n$  är ett heltal och  $n \geq 2$ ,  
15           och varvid två av nämnda  $n$  punkter är anordnade vid eller i närheten av de båda ändarna hos varje lindning;
- att mellan varje par direkta jordningspunkter åstadkomma två brott i den elektriska kontakten i det andra halvledande skiktet;
- 20           • att vid nämnda vartdera brott i det andra halvledande skiktet applicera ett organ innefattande ett andra isolationsskikt och ett tredje halvledande skikt för att minska förstärkningen av elektrisk fältstyrka vid nämnda brott;
- 25           • att korskopplingsjorda de andra halvledande skikten hos olika faser vid nämnda vartdera brott; och
- att indirekt jorda minst en punkt av det andra halvledande skiktet hos varje fas mellan de båda ändarna.

30           Användning av en sådan kabel innebär att de områden av transformatorn/reaktorn som utsätts för höga elektriska påkänningar är begränsade till kabelns fasta isolation. Övriga delar av transformatorn/reaktorn utsätts endast för, i högspänningssammanhang, mycket måttliga elektriska fältstyrkor. Dessutom innebär användning av en sådan kabel att  
35           flera av de problemområden som har beskrivits under uppfinningens bakgrund elimineras. Det behövs således ingen låda för isoler- och kylmedel. Isoleringen i övrigt blir också synnerligen enkel. Konstruktionstiden blir väsentligt

kortare i jämförelse med den för en konventionell krafttransformator/reaktor. Lindningarna kan byggas separat och krafttransformatorn/reaktorn kan monteras färdig på plats.

Användning av en sådan kabel medför emellertid nya frågeställningar som måste lösas. För att den elektriska påkänningen, som uppstår både vid normal driftspänning och vid transienta förlopp, i huvudsak skall belasta endast kabelns fasta isolation, måste det yttre halvledande skiktet vara direkt jordat i eller i närheten av kabelns båda ändar. Skiktet tillsammans med dessa direkta jordningar bildar en sluten krets, i vilken det vid drift induceras en ström. För att den uppkomna resistiva förlusten i skiktet skall vara försumbar måste skiktets resistivitet vara tillräckligt hög.

Förutom denna magnetiskt inducerade ström kommer en kapacitiv ström att flyta i skiktet genom den direkta jordningen i kabelns båda ändar. Om skiktets resistivitet väljs för hög kommer denna kapacitiva ström att bli så begränsad att potentialen hos delar av skiktet under en period av växelspänningen kan avvika så mycket från jordpotential att andra områden av krafttransformatorn/reaktorn än lindningens fasta isolation utsätts för elektrisk påkänning. Genom att bryta den elektriska kontakten  $n$  gånger, där  $n$  är ett heltal och  $n \geq 1$ , i det andra halvledande skiktet mellan de båda ändarna och korskopplingsjorda de andra halvledande skikten hos olika faser vid nämnda vartdera brott elimineras denna ström i det andra halvledande skiktet och effektförlusterna minskas.

Alla avbrott i det andra, yttre halvledande skiktet på en högspänningskabel kommer att medföra en ökning av den elektriska fältstyrkan vid kanten av det andra halvledande skiktet vid brottet. Denna ökning av den elektriska fältstyrkan medför en klart ökad risk för eklektiska genomslag. Genom att ett organ innefattande ett andra isolationsskikt och ett tredje halvledande skikt är anordnat vid varje brott i det andra halvledande skiktet minimeras risken för eklektiskt genomslag.



I extrema fall kan lindningarna komma att utsättas för så snabba transienta överspänningar att delar av det yttre halvledande skiktet antar en sådan potential att andra områden av krafttransformatorn/reaktorn än kabelns isolation utsätts för icke önskvärd elektrisk påkänning. För att förhindra att en sådan situation skall uppstå kan ett antal olinjära element, t.ex. gnistgap, gasdioder, zenerdioder eller varistorer kopplas mellan skiktet och jord för varje fas. Genom att koppla en kondensator mellan det yttre halvledarskiktet och jord kan man också förhindra att någon icke önskvärd elektrisk påkänning uppstår. En kondensator ger en reducerad spänningspåkänning även vid 50 Hz. Dessa jordningsprinciper kommer nedan att omtalas som "indirekt jordning".

De indirekt jordade punkterna är kopplade till jord via

- 1, ett olinjärt element, t.ex. ett gnistgap eller en gasdiod,
  - 2, ett olinjärt element parallellt med en kondensator,
  - 3, en kondensator
- eller en kombination av dessa alternativ.

Uppfinningen kommer nu att förklaras närmare genom efterföljande beskrivning av föredragna utföringsformer av densamma under hänvisning till medföljande ritningar.

## Kort beskrivning av ritningarna

Figur 1 visar en tvärsnittsvy på en högspänningskabel;

Figur 2A visar en vy, delvis i snitt, på en högspänningskabel med brott i det andra halvledande skiktet för illustrerande av förstärkningen av det elektriska fältet vid brottets kanter; och

Figur 2B visar en perspektivvy på en del av den i figur 2A visade kabeln;

Figur 3 visar en tvärsnittsvy, utmed kabelns längdaxel, på en högspänningskabel med ett organ för att minska förstärkningen av elektrisk fältstyrka vid brottet;

Figur 4 visar schematiskt jordningsprincipen för en trefas krafttransformator enligt föreliggande uppfinning;

Figur 5 är ett diagram som visar potentialen på det andra halvledande skiktet gentemot längden hos kabeln;

5       Figurerna 6a resp. 6b visar olika element för att åstadkomma indirekt jordning; och

Figur 7 visar ett flödesschema på förfarandet för anpassande av en högspänningskabel enligt föreliggande uppfinning.

10   Detaljerad beskrivning av utföringsformer av föreliggande uppfinning

I figur 1 visas en tvärsnittsvy på en högspänningskabel 10 vilken traditionellt användes för överföring av elektrisk kraft. Den visade högspänningskabeln 10 kan t.ex.  
15   vara en standard PEX-kabel 145 kV men utan mantel och skärm. Högspänningskabeln 10 innefattar en elektrisk ledare, som kan innefatta en eller flera kardeler 12 med cirkulärt tvärsnitt av exempelvis koppar (Cu). Dessa kardeler 12 är anordnade i mitten av högspänningskabeln 10.  
20   Runt kardelerna 12 finns anordnat ett första halvledande skikt 14. Runt det första halvledande skiktet 14 finns anordnat ett första isolationsskikt 16, t.ex. PEX-isolation. Runt det första isolationsskiktet 16 finns anordnat ett andra halvledande skikt 18.

25       I figur 2A visas en vy, delvis i snitt, på en högspänningskabel med brott i det andra halvledande skiktet för illustrerande av förstärkningen av det elektriska fältet vid brottets kanter. Det i figur 2A visade snittet är utmed högspänningskabelns längdaxel. I fig. 2B visas en  
30   perspektivvy på en del av den i figur 2A visade kabeln. I figur 2A och B har likadana delar som i figur 1 försetts med motsvarande hänvisningsbeteckningar. I figur 2A visas kardelerna 12 endast schematiskt. Såsom framgår av figur 2A och B har det andra halvledande skiktet 18 borttagits i en  
35   ring runt periferin av högspänningskabeln 10 så att ett spår 20 bildas. I spåret 20 blottlägges alltså det första isolationsskiktet 16. Genom att åstadkomma detta brott i

den elektriska kontakten i det andra halvledande skiktet 18 mellan två jordpunkter kommer ingen ström att flyta och således förekommer inte några värmeförluster p.g.a. inducerade spänningar. Däremot ger alla avbrott i det andra halvledande skiktet 18 upphov till ökning av den elektriska fältstyrkan vid kanten av brottet. Såsom framgår av figur 2 har de elektriska fältlinjerna uttritats (indikeras med hänvisningsbeteckningen 22). Vid kanterna av spåret 20 finns en koncentration av fältlinjer 22 vilket innebär att den elektriska fältstyrkan uppvisar en stor ökning där. Tyvärr medför detta ökad risk för elektriska genomslag vilket man eftersträvar att undvika.

I figur 3 visas en tvärsnittsvy, utmed kabelns längdaxel, på en högspänningskabel med ett organ för att minska förstärkningen av elektrisk fältstyrka vid brottet. Högspänningskabeln 10 innefattar på samma sätt som högspänningskabeln enligt figur 1, kardeler 12, ett första halvledande skikt 14, ett första isolationsskikt 16 och ett andra halvledande skikt 18. Såsom framgår av figur 3 har det andra halvledande skiktet 18 borttagits i en ring runt periferin, så att ett spår 20 bildats, varvid det första isolationsskiktet 16 blottlägges. Såsom framgår av figur 3 har spåret 20 nedfasade kanter, dvs. spåret 20 har en större bredd vid de övre kanterna av det andra halvledande skiktet 18 än vid det första isolationsskiktet 16. Spåret 20 kan t.ex. ha raka kanter, även om det är fördelaktigt med nedfasade kanter. I figur 3 har avståndet mellan kanterna av det andra halvledande skiktet 18 vid det första isolationsskiktet 16 markerats b. Bredden b hos spåret 20 är företrädesvis 10 mm. Högspänningskabeln 10 innefattar dessutom ett andra isolationsskikt 24 vilket är applicerat på bl.a. spåret 20 så att det fyller spåret 20. Skälet till att man har avfasade kanter vid spåret 20 är att man ej vill erhålla hålrum vid kanterna när det andra isolationsskiktet 24 bildas genom att fylla bl.a. spåret 20 med ett lämpligt isolationsmaterial, t.ex. isolerande "self-amalgamating" EPDM-tejp som t.ex. Isolertejp IV-tejp®, IA 2332 från ABB Kabeldon. Det andra isolationsskiktet 24

täcker även de avfasade kanterna av det andra halvledande skiktet 18 samt en del av det andra halvledande skiktet 18 vid sidan av de avfasade kanterna. Högspänningskabeln 10 innefattar dessutom ett tredje halvledande skikt 26, t.ex. i form av tejp, exempelvis Halvledartejp, HL-tejp®, IA 2352 från ABB Kabeldon, vilket appliceras över det andra isolationsskiktet 24 på ett sådant sätt att det tredje halvledande skiktet 26 vid sin ena ände täcker det andra isolationsskiktets 24 ena kant och har elektrisk kontakt med det andra halvledarskiktet 18. Vid sin andra ände täcker det tredje halvledande skiktet 26 ej det andra isolationsskiktets 24 andra kant, utan slutar ett avstånd  $c$  från det andra isolationsskiktets 24 andra kant. Det andra isolationsskiktet 24 bör ha en minsta tjocklek på 1 mm vid den kant där det tredje halvledande skiktet 26 ej täcker det andra isolationsskiktet 24. Däremot skall det tredje halvledande skiktet 26 vid denna sin andra ände sträcka sig över (gå omlott med) det andra halvledarskiktet 18 beläget under det andra isolationsskiktet 24. Avståndet mellan det tredje halvledande skiktets 26 kant och det andra halvledande skiktets 18 kant i kabelns 10 längdriktning är d såsom framgår av figur 3. Det tredje halvledande skiktet 26 bör ha en tjocklek på minst 1 mm.

I figur 4 visas schematiskt jordningsprincipen för en trefas krafttransformator/reaktor enligt föreliggande uppfinning. För att göra figuren tydligare visas lindningarna som utdragna kablar. Dessutom har en eventuell kärna hos trefas-transformatorn utelämnats. Trefas-krafttransformatorn 30 innefattar tre st. lindningar 1,2,3 representerande de tre olika faserna 1,2,3. Varje lindning 1,2,3 är utförd med den i figur 1 visade högspänningskabeln 10. Kablarna för de olika faserna betecknas  $10_1, 10_2, 10_3$ . Varje högspänningskabel  $10_1, 10_2, 10_3$  har det andra halvledande skiktet direkt jordat vid punkterna 32,34, vilka är placerade vid eller i närheten av de båda ändarna hos varje lindning 1,2,3. Generellt är det andra halvledande skiktet 18 direkt jordat vid  $n$  punkter hos varje lindning 1,2,3, där  $n$  är ett heltal och  $n \geq 2$ , och varvid två av nämnda direkt jordade

punkter är anordnade vid eller i närheten av de båda ändarna hos varje lindning 1,2,3. Denna direkta jordning utföres medelst galvanisk anslutning till jord. Dessutom är den elektriska kontakten i det andra halvledande skiktet 18  
5 bruten två gånger  $20_{11}, 20_{21}, 20_{31}; 20_{12}, 20_{22}, 20_{32}$  per lindning 1,2,3. Generellt är den elektriska kontakten i det andra halvledande skiktet 18 bruten  $2(n-1)$  st. gånger per lindning 1,2,3. Även om det ej visas i figur 4 finns vid varje sådant brott 20 anordnat ett organ 24,26 innefattande ett  
10 andra isolationsskikt 24 och ett tredje halvledande skikt 26 för att minska förstärkningen av elektrisk fältstyrka vid nämnda brott 20. Detta organ 24,26 är det i figur 3 visade. De andra halvledande skikten 18 hos de tre faserna 1,2,3 vid nämnda vartdera brott  $20_{11}, 20_{21}, 20_{31}, 20_{12}, 20_{22}, 20_{32}$   
15 är korskopplingsjordade. Dessutom är de andra halvledande skikten 18 hos de tre faserna 1,2,3 indirekt jordade vid två punkter 36,38. Generellt kan antalet indirekt jordade punkter variera. I det visade fallet har den indirekta jordningen utförts medelst gnistgap 40. Den indirekta jordningen kan utföras på en mängd andra sätt, se exempelvis  
20 det nästsista stycket under rubriken "Redogörelse för uppfinningen" samt figurerna 6a,6b. Korskopplingsjordningen 42,44 åstadkommes genom att de andra halvledande skikten 18 hos de olika faserna 1,2,3 vid nämnda vartdera brott  $20_{11},$   
25  $20_{21}, 20_{31}, 20_{12}, 20_{22}, 20_{32}$  är förbundna samt indirekt jordade via ett gnistgap 40. Nedan följer en utförligare beskrivning av korskopplingsjordningen.

I figur 4 är krafttransformatorn 30 försedd med två st. brott  $20_{11}, 20_{12}; 20_{21}, 20_{22}; 20_{31}, 20_{32}$  per fas 1,2,3, och  
30 således tre st. sammanhängande avsnitt  $18_{11}, 18_{12}, 18_{13}; 18_{21}, 18_{22}, 18_{23}; 18_{31}, 18_{32}, 18_{33}$  av det andra halvledande skiktet 18 per fas 1,2,3. Vid det första brottet  $20_{11}$  är det första avsnittet  $18_{11}$  av det andra halvledande skiktet 18 hos den första fasen 1 anslutet till det andra avsnittet  $18_{22}$  hos  
35 den andra fasen 2. Dessutom är det första avsnittet  $18_{11}$  hos den första fasen 1 anslutet till de första avsnitten  $18_{21}, 18_{31}$  hos de övriga faserna 2,3 samt anslutet till indirekt jordning medelst gnistgapet 40. Det första avsnittet  $18_{21}$

hos den andra fasen 2 är anslutet till det andra avsnittet  $18_{32}$  hos den tredje fasen 3. Dessutom är det andra avsnittet  $18_{12}$  hos den första fasen 1 anslutet till indirekt jordning medelst gnistgapet 40. Motsvarande gäller för korskopplingsjordningen vid det andra brottet  $20_{12}$  och upprepas ej här. Ett annat sätt att beskriva denna korskopplingsjordning är att följa anslutningarna från en direkt jordningspunkt till nästa direkta jordningspunkt. Om vi startar vid den direkta jordningspunkten 32 så följer det första avsnittet  $18_{11}$  hos den första fasen 1, vilket avsnitt  $18_{11}$  är anslutet till det andra avsnittet  $18_{22}$  hos den andra fasen 2, vilket avsnitt  $18_{22}$  är anslutet till det tredje avsnittet  $18_{33}$  hos den tredje fasen 3, som är ansluten till direkt jord vid punkten 34. På motsvarande sätt är avsnitten  $18_{21}$ - $18_{32}$ - $18_{13}$  anslutna mellan de båda direkta jordningspunkterna 32,34. På motsvarande sätt är avsnitten  $18_{31}$ - $18_{12}$ - $18_{23}$  anslutna mellan de båda direkta jordningspunkterna 32,36. Däremot följer nedan en generell beskrivning av korskopplingsjordning i en krafttransformator/reaktor där man har  $n$  st. direkta jordningspunkter per fas.

Antag generellt ett fall där det andra halvledande skiktet 18 är direkt jordat vid  $n$  st. punkter hos varje lindning 1,2,3, där  $n$  är ett heltal och  $n \geq 2$ , och varvid två av nämnda  $n$  direkt jordade punkter är anordnade vid eller i närheten av de båda ändarna hos varje lindning 1,2,3. Detta innebär att den elektriska kontakten är bruten  $20 \cdot 2(n-1)$  st. gånger i det andra halvledande skiktet 18 mellan de båda ändarna, eftersom det finns två brott 20 mellan varje par med direkt jordade punkter. Detta innebär att det finns  $3(n-1)$  avsnitt av det andra halvledande skiktet 18 per fas 1,2,3, varvid ett avsnitt börjar vid en direkt jordad punkt eller ett brott 20 och slutar vid ett brott 20 eller en direkt jordad punkt.

Vid brott 20 nummer  $q$ , där  $1 \leq q \leq 2(n-1)$ , hos de olika faserna är avsnitt  $r$ , där  $1 \leq r \leq 3(n-1)$ , av det andra halvledande skiktet 18 hos en fas anslutet till avsnitt  $(r+1)$  av det andra halvledande skiktet 18 hos den konsekutiva fasen. Dessutom är avsnitt  $r$  hos den första fasen anslutet

till avsnitt  $r$  hos de övriga faserna. Avsnitt  $r$  hos den sista fasen och avsnitt  $(r+1)$  hos den första fasen är anslutna till den indirekta jordningen medelst ett gnistgap 40. Det ovan nämnda gäller ej för  $r$  jämnt delbart med 3, undantaget det sista avsnittet, dvs.  $r=3(n-1)$  för ett givet  $n$ .

I figur 5 visas ett diagram som visar potentialen på det andra halvledande skiktet 18 utmed längden hos kabeln. Detta fall avser en krafttransformator med Y-kopplad lindning. Då gäller att spänningen på det andra halvledande skiktet hos kabellindningen minskar linjärt från HV-avslutningen till den neutrala punkten under AC-spänning. Låt de direkta jordningspunkterna betecknas A och D, och de två punkterna för korskopplingsjordning betecknas B och C. Beteckna avståndet mellan de direkta jordningspunkterna A och D, som  $L$ , avståndet mellan punkterna A och B, som  $l_1$ , avståndet mellan B och C, som  $l_2$  och avståndet mellan C och D som  $l_3$ . Om man låter förhållandet mellan avstånden  $l_1, l_2$  och  $l_3$  vara  $l_1 < l_2 < l_3$  och ytpotentialerna på det andra halvledande skiktet vid punkterna B och C ha samma värden, såsom framgår av figur 5, kommer strömmen i det andra halvledande skiktet att bli 0, vilket innebär att effektförlusten i det andra halvledande skiktet kommer att vara negligierbar. Avstånden  $l_1-l_3$  och  $L$  beror på dimensionen hos lindningskabeln, samt tjockleken och resistiviteten hos det andra halvledande skiktet.

I figurerna 6a resp. 6b visas olika element för att åstadkomma indirekt jordning. I figur 6a sker den indirekta jordningen medelst en krets 50 innefattande ett element 52 med icke-linjär spänning-strömkaraktistik parallellkopplat med en kondensator 54. I detta fall utgöres elementet 52 med icke-linjär spänning-strömkaraktistik av ett gnistgap 52. Elementet 52 kan också utgöras av en gasfylld diod, en zenerdiod eller en varistor. I figur 6b sker den indirekta jordningen medelst en zenerdiod 56.

I figur 7 visas ett flödesschema på ett förfarande för att anpassa en högspänningskabel 10 (jämför figur 1) innefattande en elektrisk ledare, ett omgivande ledaren

anordnat första halvledande skikt 14, ett omgivande det första halvledande skiktet 14 anordnat första isolations-skikt 16, och ett omgivande det första isolationsskiktet 16 anordnat andra halvledande skikt 18. Förfarandet enligt

5 föreliggande uppfinning innefattar ett antal steg vilka kommer att beskrivas nedan. Flödesschemat startar vid blocket 60. Nästa steg, vid blocket 62, är att direkt jorda 32,34 det andra halvledande skiktet 18 vid  $n$  punkter hos varje lindning 1,2,3, där  $n$  är ett heltal och  $n \geq 2$ , och

10 varvid två av nämnda  $n$  punkter är anordnade vid eller i närheten av de båda ändarna hos varje lindning 1,2,3. Därefter, vid blocket 64, åstadkommes mellan varje par direkta jordningspunkter två brott 20 i den elektriska kontakten i det andra halvledande skiktet 18. Därefter, vid blocket 66,

15 appliceras vid nämnda vartdera brott 20 i det andra halvledande skiktet 18 ett organ 24,26 innefattande ett andra isolationsskikt 24 och ett tredje halvledande skikt 26 för att minska förstärkningen av elektrisk fältstyrka vid nämnda brott 20. Därefter, vid blocket 68, korskopplings-

20 jordas de andra halvledande skikten 18 hos olika faser 1,2,3 vid nämnda vartdera brott 20. Därefter, vid blocket 70, sker indirekt jordning av minst en punkt 36,38 av det andra halvledande skiktet 18 hos varje fas 1,2,3 mellan de båda ändarna. Vid blocket 72 avslutas förfarandet. För

25 ytterligare detaljer rörande förfarandet hänvisas till beskrivningen i samband med figurerna 2-6.

Det skall påpekas att krafttransformatorn/reaktorn kan vara utformad med en magnetiserbar kärna, samt utformad utan en magnetiserbar kärna.

30 Uppfinningen är inte begränsad till de visade utföringsformerna, utan flera variationer är möjliga inom ramen för de bifogade patentkraven.



PATENTKRAV

1 Krafttransformator/reaktor innefattande åtminstone  
 en lindning (1,2,3), **kännetecknad av** att lindningen/lind-  
 5 ningarna (1,2,3) är utförda med en högspänningskabel (10),  
 innefattande en elektrisk ledare, ett omgivande ledaren  
 anordnat första halvledande skikt (14) ett omgivande det  
 första halvledande skiktet (14) anordnat första isolations-  
 skikt (16) och ett omgivande det första isolationsskiktet  
 10 (16) anordnat andra halvledande skikt (18), varvid det  
 andra halvledande skiktet (18) är direkt jordat (32,34) vid  
 n punkter hos varje lindning (1,2,3), där n är ett heltal  
 och  $n \geq 2$ , och varvid två (32,34) av nämnda n direkt jordade  
 punkter är anordnade vid eller i närheten av de båda  
 15 ändarna hos varje lindning (1,2,3), varvid den elektriska  
 kontakten är bruten (20) 2(n-1) st. gånger i det andra  
 halvledande skiktet (18) mellan de båda ändarna, samt av  
 att det vid nämnda vartdera brott (20) i det andra halv-  
 ledande skiktet (18) finns anordnat ett organ (24,26)  
 20 innefattande ett andra isolationsskikt (24) och ett tredje  
 halvledande skikt (26) för att minska förstärkningen av  
 elektrisk fältstyrka vid nämnda brott (20), varvid de andra  
 halvledande skikten (18) hos olika fasor (1,2,3) vid nämnda  
 vartdera brott (20) är korskopplingsjordade (42,44), samt  
 25 av att minst en punkt (36,38) mellan de båda ändarna är  
 indirekt jordade (40).

2 Krafttransformator/reaktor enligt patentkrav 1,  
**kännetecknad av** att den elektriska kontakten i de andra  
 halvledande skikten (18) är bruten genom att det andra  
 30 halvledande skiktet (18) är borttaget runt periferin av  
 högspänningskabeln (10) ned till det första isolations-  
 skiktet (16) så att spår (20) omgivna av det andra halv-  
 ledande skiktet (18) är bildade.

3 Krafttransformator/reaktor enligt patentkrav 2,  
 35 **kännetecknad av** att det andra isolationsskiktet (24) är  
 anordnat över vartdera spår (20), vilket skikt (24) dess-  
 utom täcker en del av det andra halvledande skiktet (18) på  
 båda sidorna av vartdera spår (20), samt av att det tredje

halvledande skiktet (26) är anordnat vid det andra isolationsskiktet (24), varvid det tredje halvledande skiktet (26) vid sin ena ände täcker det andra isolationsskiktets (24) ena kant och har elektrisk kontakt med det andra halvledande skiktet (18), samt vid sin andra ände ej täcker det andra isolationsskiktets (24) andra kant men sträcker sig över en del av det andra halvledande skiktet (18) beläget under det andra isolationsskiktet (24).

4 Krafttransformator/reaktor enligt patentkrav 3,  
10 **kännetecknad av** att vid nämnda spår (20) är kanterna hos det andra halvledande skiktet (18) avfasade på ett sådant sätt att spåren (20) har minst bredd vid det första isolationsskiktet (16).

5 Krafttransformator/reaktor enligt patentkrav 4,  
15 **kännetecknad av** att det tredje halvledande skiktet (26) vid den ände som täcker det andra isolationsskiktets (24) ena kant har mekanisk kontakt med det andra halvledande skiktet (18), samt av att det tredje halvledande skiktet (26) vid sin andra ände ej har mekanisk eller elektrisk kontakt med  
20 det andra halvledande skiktet (18).

6 Krafttransformator/reaktor enligt något av patentkraven 1-5, **kännetecknad av** att högspänningskabeln (10) är tillverkad med en ledararea som ligger mellan 80 och 3000 mm<sup>2</sup> och en yttre kabelldiameter som ligger mellan 20 och 250  
25 mm.

7 Krafttransformator/reaktor enligt något av patentkraven 1-6, **kännetecknad av** att det finns två brott (20) mellan två konsekutiva direkta jordningspunkter (32,34).

8 Krafttransformator/reaktor enligt något av patentkraven 1-6, **kännetecknad av** att varje korskopplingsjordning är bildad genom att de andra halvledande skikten (18) hos de olika faserna (1,2,3) vid nämnda vartdera brott (20) är förbundna samt indirekt jordade (40).  
30

9 Krafttransformator/reaktor enligt patentkrav 8,  
35 **kännetecknad av** att det finns 2(n-1) st. brott (20<sub>11</sub>, 20<sub>12</sub>; 20<sub>21</sub>, 20<sub>22</sub>; 20<sub>31</sub>, 20<sub>32</sub>) per fas, och således 3(n-1) sammanhängande avsnitt av det andra halvledande skiktet (18<sub>11</sub>, 18<sub>12</sub>, 18<sub>13</sub>; 18<sub>21</sub>, 18<sub>22</sub>, 18<sub>23</sub>; 18<sub>31</sub>, 18<sub>32</sub>, 18<sub>33</sub>) per fas, samt av att vid brott

- (20) nummer  $q$ , där  $1 \leq q \leq 2(n-1)$ , hos de olika faserna (1,2,3) är avsnitt  $r$ , där  $1 \leq r \leq 3(n-1)$ , av det andra halvledande skiktet (18) hos en fas (1;2;3) anslutet till avsnitt  $(r+1)$  av det andra halvledande skiktet (18) hos den konsekutiva fasen, samt av att avsnitt  $r$  av det andra halvledande skiktet (18) hos den första fasen (1) är anslutet till avsnitt  $r$  av det andra halvledande skiktet (18) hos de övriga faserna (2,3), samt av att avsnitt  $r$  av det andra halvledande skiktet (18) hos den sista fasen (3) och avsnitt  $(r+1)$  av det andra halvledande skiktet (18) hos den första fasen (1) är anslutna till den indirekta jordningen (40), varvid det ovan nämnda ej gäller för  $r$  jämnt delbart med 3, undantaget det sista avsnittet, dvs.  $r=3(n-1)$ .
- 10 Krafttransformator/reaktor enligt något av patentkraven 1-9, **kännetecknad av** att den direkta jordningen (32, 34) utföres medelst galvanisk anslutning till jord.
- 11 Krafttransformator/reaktor enligt något av patentkraven 1-10, **kännetecknad av** att den indirekta jordningen utföres medelst en mellan det andra halvledande skiktet (18) och jord ansluten kondensator.
- 20 Krafttransformator/reaktor enligt något av patentkraven 1-10, **kännetecknad av** att den indirekta jordningen utföres medelst ett mellan det andra halvledande skiktet (18) och jord anslutet element med icke-linjär spänning-strömkaraktistik.
- 25 Krafttransformator/reaktor enligt något av patentkraven 1-10, **kännetecknad av** att den indirekta jordningen utföres medelst en mellan det andra halvledande skiktet (18) och jord ansluten krets (50) innefattande ett element med icke-linjär spänning-strömkaraktistik (52) parallellkopplat med en kondensator (54).
- 30 Krafttransformator/reaktor enligt patentkrav 13, **kännetecknad av** att de indirekta jordningarna utföres medelst en kombination av alternativen enligt patentkraven 11-13.
- 35 Krafttransformator/reaktor enligt något av patentkraven 12-14, **kännetecknad av** att elementen (52) med icke-linjär spänning-strömkaraktistik kan utgöras av ett

gnistgap (52), en gasfylld diod, en zenerdiod (56) eller en varistor.

16 Krafttransformator/reaktor enligt något av patentkraven 1-15, **kännetecknad av** att krafttransformatorn/

5 reaktorn innefattar en magnetiserbar kärna.

17 Krafttransformator/reaktor enligt något av patentkraven 1-15, **kännetecknad av** att krafttransformatorn/reaktorn är utformad utan en magnetiserbar kärna.

18 Förfarande för att anpassa en högspänningskabel  
10 (10) för lindningar i en krafttransformator/reaktor, vilken högspänningskabel (10) innefattar en elektrisk ledare, ett omgivande ledaren anordnat första halvledande skikt (14), ett omgivande det första halvledande skiktet (14) anordnat första isolationsskikt (16), och ett omgivande det första  
15 isolationsskiktet (16) anordnat andra halvledande skikt (18), vilket förfarande innefattar stegen:

- att direkt jorda (32,34) det andra halvledande skiktet (18) vid  $n$  punkter hos varje lindning (1,2,3), där  $n$  är ett heltal och  $n \geq 2$ , och varvid två (32,34) av nämnda  $n$   
20 punkter är anordnade vid eller i närheten av de båda ändarna hos varje lindning (1,2,3);
- att mellan varje par direkta jordningspunkter åstadkomma två brott (20) i den elektriska kontakten i det andra halvledande skiktet (18);
- 25 • att vid nämnda vartdera brott (20) i det andra halvledande skiktet (18) applicera ett organ (24,26) innefattande ett andra isolationsskikt (24) och ett tredje halvledande skikt (26) för att minska förstärkningen av elektrisk fältstyrka vid nämnda brott (20);
- 30 • att korskopplingsjorda de andra halvledande skikten (18) hos olika faser (1,2,3) vid nämnda vartdera brott (20); och
- att indirekt jorda minst en punkt (36,38) av det andra halvledande skiktet (18) hos varje fas mellan de båda  
35 ändarna.

19 Förfarande enligt patentkrav 18, **kännetecknat av** att nämnda vartdera brott (20) åstadkommes genom att borttaga det andra halvledande skiktet (18) runt periferin

av högspänningskabeln (10) ned till det första isolations-skiktet (16) så att spår (20) omgivna av det andra halvledande skiktet (18) bildas.

20       Förfarande enligt patentkrav 19, **kännetecknat av**  
5   att steget att applicera nämnda organ (24,26) innefattar stegen:

- att över vartdera spår (20) applicera ett andra isolationsskikt (24) på ett sådant sätt att det dessutom täcker en del av det andra halvledande skiktet (18) på  
10   båda sidorna av vartdera spår (20); och
- att på det andra isolationsskiktet (24) applicera ett tredje halvledande skikt (26) på ett sådant sätt att det tredje halvledande skiktet (26) vid sin ena ände täcker det andra isolationsskiktets (24) ena kant och har elektrisk kontakt med det andra halvledande skiktet (18),  
15   samt vid sin andra ände ej täcker det andra isolations-skiktets (24) andra kant men sträcker sig över en del av det andra halvledande skiktet (18) beläget under det andra isolationsskiktet (24).

20   21       Förfarande enligt något av patentkraven 18-20, **kännetecknat av** att steget att korskopplingsjorda innefattar steget:

- att förbinda de andra halvledande skikten (18) hos de olika faserna (1,2,3) vid nämnda vartdera brott (20),  
25   samt att indirekt jorda desamma.

22       Förfarande enligt patentkrav 21, **kännetecknat av** att steget att korskopplingsjorda dessutom innefattar stegen; varvid antalet brott ( $20_{11}, 20_{12}; 20_{21}, 20_{22}; 20_{31}, 20_{32}$ ) per fas är  $2(n-1)$  och antalet sammanhängande avsnitt av det  
30   andra halvledande skiktet ( $18_{11}, 18_{12}, 18_{13}; 18_{21}, 18_{22}, 18_{23}; 18_{31}, 18_{32}, 18_{33}$ ) per fas är  $3(n-1)$ :

- att, vid brott (20) nummer  $q$ , där  $1 \leq q \leq 2(n-1)$ , hos de olika faserna (1,2,3), ansluta avsnitt  $r$ , där  $1 \leq r \leq 3(n-1)$ , av det andra halvledande skiktet (18) hos en fas (1,2,3)  
35   till avsnitt  $(r+1)$  av det andra halvledande skiktet hos den konsekutiva fasen;

- att ansluta avsnitt  $r$  av det andra halvledande skiktet (18) hos den första fasen (1) till avsnitt  $r$  av det andra halvledande skiktet (18) hos de övriga faserna (2,3); och
- att ansluta avsnitt  $r$  av det andra halvledande skiktet (18) hos den sista fasen (3) och avsnitt  $(r+1)$  av det andra halvledande skiktet (18) hos den första fasen (1) till den indirekta jordningen (40), varvid det ovan nämnda ej gäller för avsnitt  $r$ , där  $r$  är jämnt delbart med 3, undantaget det sista avsnittet, dvs.  $r=3(n-1)$ .

**Denna sida utgör en del av ansökningstexten och innehåller såväl beskrivningstext som patentkrav. Vi avser att senare inkomma med ny version av ansökningstexten med innehållet på denna sida inredigerad.**

Den isolerade ledaren eller högspänningskabeln som används vid föreliggande uppfinning är flexibel och böjlig och av det slag som närmare beskrivs i PCT ansökan SE97/00874 och SE97/00875. Ytterligare beskrivning av den isolerade ledaren eller kabeln finns i PCT ansökningarna SE97/00901, SE97/00902 och SE97/00903.

En kabel avsedd att kunna användas i en elektrisk maskin där kabeln består av en ledande kärna omgiven av två halvledande skikt och mellanliggande fast isolering är förut känd genom US 5036165. Den kända kabeln är dock icke avsedd att användas för höga spänningar och är av flera skäl omöjlig eller olämplig att tillämpa vid föreliggande uppfinning. Framför allt beror det på att den kända kabeln är av stel typ, dvs de kärnan omgivande skikten är armerade på ett sådant sätt att kaben inte går att böja. Skulle man försöka göra det kommer bristningar att uppstå mellan skikten liksom i de fall då kabeln utsätter för termisk expansion.

Enligt en föredragen utföringsform av uppfinningen är den isolerade ledaren eller kabeln som används i anordningen flexibel. De olika skikten i kabeln vidhäftar varandra även då kabeln böjs.

I figuren som visar den detalj av uppfinningen som avser den isolerade ledaren eller kabeln är de tre skikten utförda så att de vidhäftar varandra även då kabeln böjes. Den visade kabeln är flexibel och denna egenskap bibehålles vid kabeln under dess livslängd.

#### Patentkrav

101. Anordning enligt något av föregående patentkrav, kännetecknad av att den isolerade ledaren eller högspänningskabeln är flexibel.

102. Anordning enligt patentkravet 101, kännetecknad av att skikten är anordnade att vidhäfta varandra även då den isolerade ledaren eller kabeln böjes.

# SAMMANDRAG

Föreliggande uppfinning hänför sig till en krafttransformator/reaktor innefattande åtminstone en lindning (1,2,3).  
 5 Lindningen/lindningarna (1,2,3) är utförda med en högspänningskabel (10), innefattande en elektrisk ledare, ett omgivande ledaren anordnat första halvledande skikt (14), ett omgivande det första halvledande skiktet (14) anordnat  
 10 första isolationsskikt (16) och ett omgivande det första isolationsskiktet (16) anordnat andra halvledande skikt (18). Det andra halvledande skiktet (18) är direkt jordat (32,34) vid n punkter hos varje lindning (1,2,3) där n är ett heltal och  $n \geq 2$ , och varvid två (32,34) av nämnda n  
 15 direkt jordade punkter är anordnade vid eller i närheten av de båda ändarna hos varje lindning (1,2,3) och den elektriska kontakten är bruten (20)  $2(n-1)$  st. gånger i det andra halvledande skiktet (18) mellan de båda ändarna. Vid nämnda vartdera brott (20) finns anordnat ett organ (24,26)  
 20 innefattande ett andra isolationsskikt (24) och ett tredje halvledande skikt (26) för att minska förstärkningen av elektrisk fältstyrka vid nämnda brott (20). De andra halvledande skikten (18) hos olika faser (1,2,3) vid nämnda vartdera brott (20) är korskopplingsjordade (42,44). Dessutom är minst en punkt (36,38) mellan de båda ändarna  
 25 indirekt jordade.

(Fig. 4)

10  
20  
30  
40  
50  
60  
70  
80  
90  
100  
110  
120  
130  
140  
150  
160  
170  
180  
190  
200  
210  
220  
230  
240  
250  
260  
270  
280  
290  
300  
310  
320  
330  
340  
350  
360  
370  
380  
390  
400  
410  
420  
430  
440  
450  
460  
470  
480  
490  
500  
510  
520  
530  
540  
550  
560  
570  
580  
590  
600  
610  
620  
630  
640  
650  
660  
670  
680  
690  
700  
710  
720  
730  
740  
750  
760  
770  
780  
790  
800  
810  
820  
830  
840  
850  
860  
870  
880  
890  
900  
910  
920  
930  
940  
950  
960  
970  
980  
990



Fig. 1

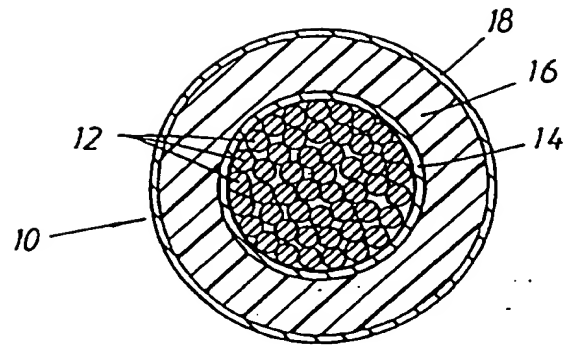


Fig. 2A

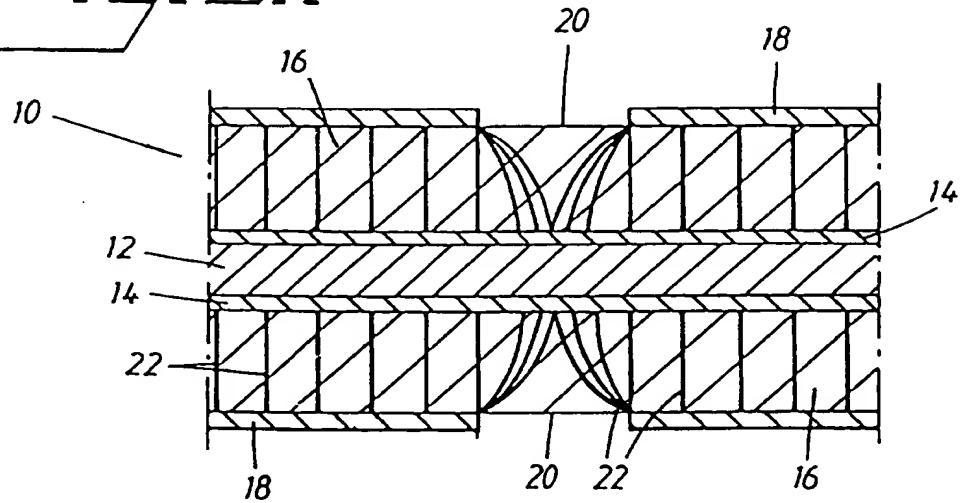


Fig. 2B

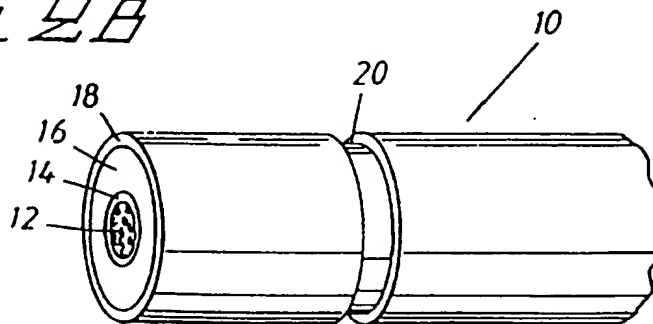
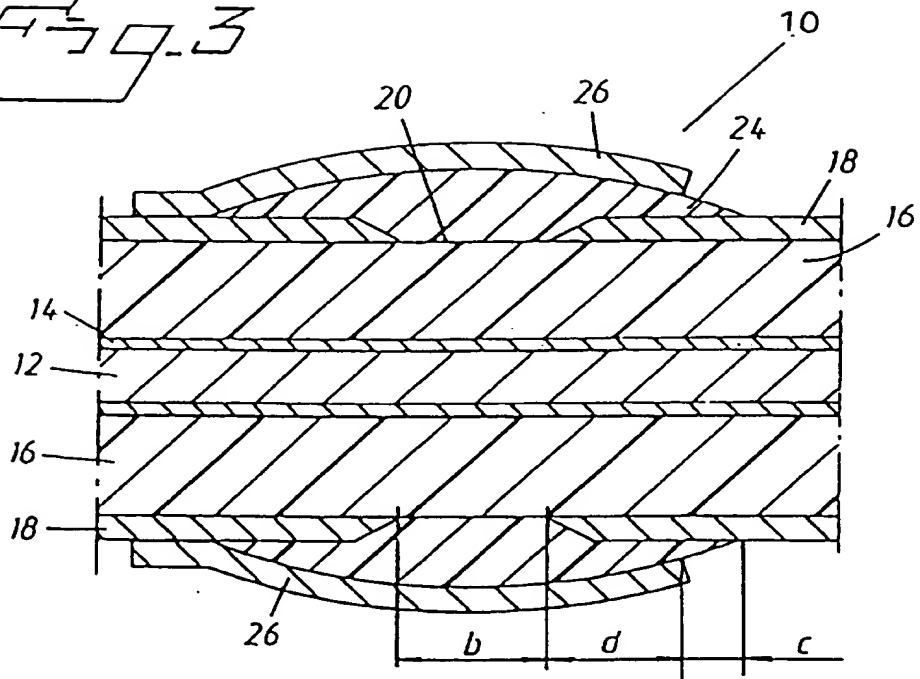


Fig. 3



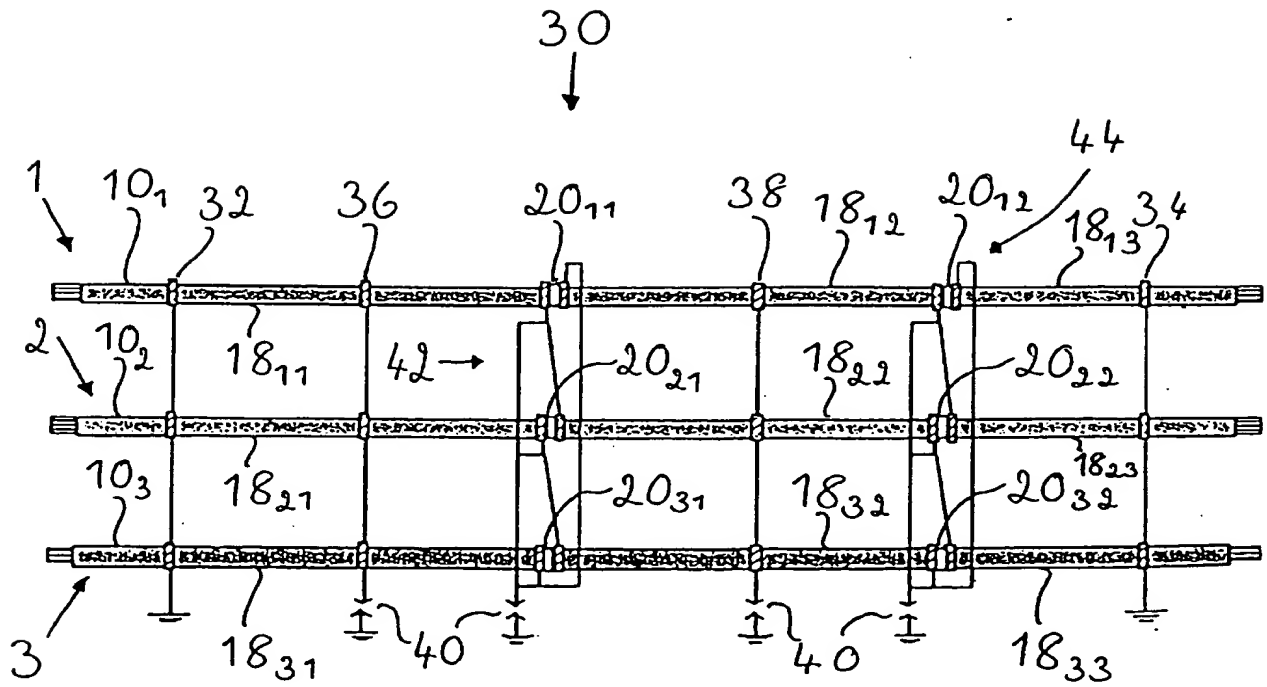


Fig. 4

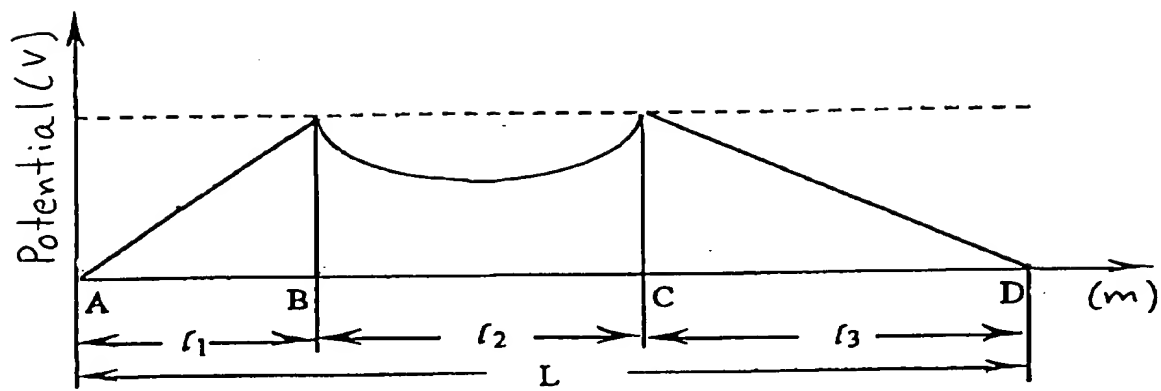


Fig. 5

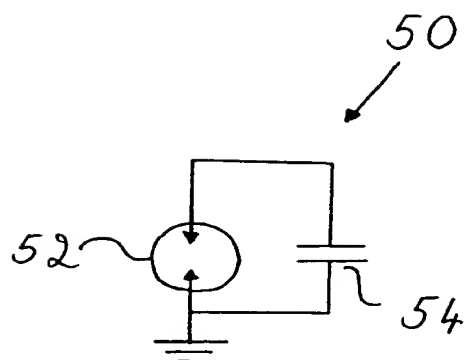


Fig. 6a

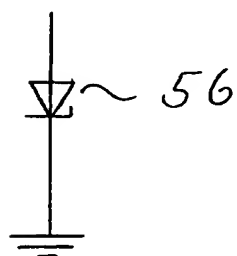


Fig. 6b

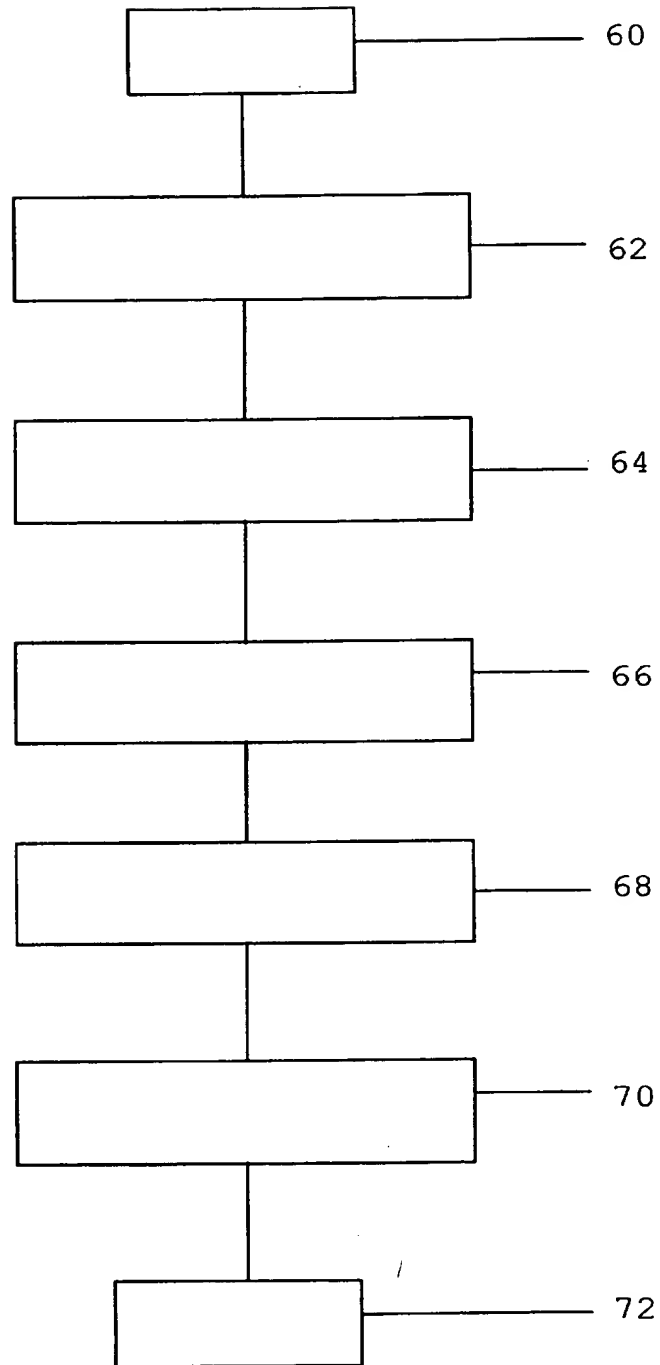


Fig. 7